



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 40 29 724 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
C21D 1/10  
H 05 B 6/14

⑲ Aktenzeichen: P 40 29 724.1  
⑳ Anmeldetag: 20. 9. 90  
㉑ Offenlegungstag: 26. 3. 92

DE 40 29 724 A 1

⑦ Anmelder:

Induktionserwärmung Fritz Düsseldorf GmbH, 7800  
Freiburg, DE

⑧ Vertreter:

Rackette, K., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 7800  
Freiburg

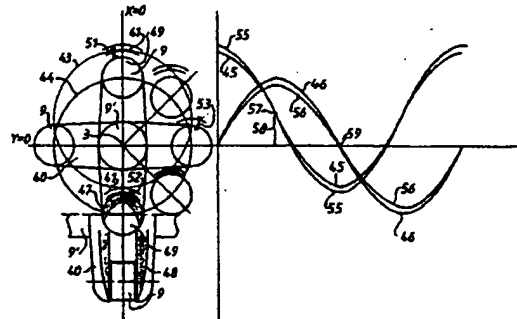
⑦ Erfinder:

Kromer, Dieter, 7850 Lörrach, DE; Naunapper,  
Dietmar, 7814 Oberrimsingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum induktiven Härten

⑤7 Eine Vorrichtung zur Oberflächenhärtung von Werkstück-  
en (9) durch elektrische Induktion mit einem Kleinflächenin-  
duktor im Umlaufbetrieb umfaßt drei steuertechnisch ge-  
koppelte Achsen bzw. Richtungen (3, X, Y). Der Kleinflä-  
cheninduktor (17) ist mittels zweier Antriebe in zwei Horizon-  
talrichtungen (X, Y) und längs einer Umlaufachse (3) mit  
Hilfe eines dritten Antriebs (6) bewegbar. Diese Antriebe (6,  
12, 13) werden durch eine Steuereinrichtung so angesteuert,  
daß der Koppelabstand zwischen dem Kleinflächeninduktor  
(17) und der zu härtenden Werkstückoberfläche (30) im  
wesentlichen konstant gehalten wird, wobei mit Hilfe von  
gespeicherten Wärmeabflußsteuerdaten der zu bearbeiten-  
den Werkstückoberfläche (30) die Steuerdaten der Steuer-  
einrichtung phasenabhängig für jeden Umlauf derart vorbe-  
stimmbar sind, daß der Koppelabstand (31, 51, 52, 53) an  
hohen Wärmeabfluß aufweisenden Werkstückoberflä-  
chen (47) kleiner als an niedrigen Wärmeabfluß (49) aufwei-  
senden Werkstückoberflächen (30) einstellbar ist. Damit  
sind Großserien von Werkstücken, z. B. Kurbelwellen, mit  
homogenerem Härteergebnis bei hohen Taktraten herstell-  
bar.



DE 40 29 724 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Oberflächenhärtung von Werkstücken mit glatten Hüllkurven durch elektrische Induktion mit einem Kleinflächeninduktor, mit einer Werkstückaufnahme, die das Werkstück fixiert und die durch einen ersten Antrieb um eine Umlaufachse drehbar ist, mit einem Verschiebetisch, an dem der Kleinflächeninduktor in einer Werkzeugaufnahme befestigbar ist, der durch einen zweiten und einen dritten Antrieb des Verschiebetisches in der rechtwinklig auf der Umlaufachse stehenden Ebene verschieblich ist, und mit einer mit den Steuereingängen der Antriebe verbundenen Steuereinrichtung, in der die Antriebssteuerdaten der steuertechnisch gekoppelten Antriebe für die zu härtende Werkstückoberfläche des Werkstückes speicherbar sind und mit der der Kleinflächeninduktor im Koppelabstand zur Oberfläche des zu härtenden Werkstückes bringbar ist.

Eine derartige Vorrichtung ist aus der DE-OS 38 18 679 bekannt, bei der durch die Kopplung der beiden vom zweiten und dritten Antrieb beeinflussten Longitudinalbewegungen und der vom ersten Antrieb gesteuerten Drehbewegung der Kleinflächeninduktor an einer glatten Hüllkurve oder Kulissenbahn mit konstanter Oberflächenrelativgeschwindigkeit vorbeigeführt werden kann. Durch die Art der Kopplung der zwei Bewegungsrichtungen und der Umlaufachse kann zudem der Winkel zwischen der Hauptrichtung des Kleinflächeninduktors und der Tangentenebene des gerade in Bearbeitung befindlichen Teils der Werkstückoberfläche konstant gehalten werden. Dies führt bei Kleinserien zu einem homogenen Härteverlauf gegenüber dem Einsatz eines Forminduktors.

Eine solche Vorrichtung weist jedoch bei der Härtung von Großserien, z. B. bei der Härtung von Kurbelwellen für Kraftfahrzeuge, den Nachteil auf, daß erreichbare Umdrehungsgeschwindigkeiten der zu bearbeitenden Werkstücke relativ klein sind. Die beim Stand der Technik konstante Oberflächenrelativgeschwindigkeit zwischen dem Kleinflächeninduktor und der zu härtenden Oberfläche stellt hohe Anforderungen an die Antriebsmotoren beim Geschwindigkeitswechsel. Dadurch ist die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes begrenzt, das bei der in mehreren Umdrehungen durchgeführten Härtung zu einem geringen Durchsatz an Werkstücken führt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die es gestattet, Werkstücke mit einem der Forminduktorhärtung entsprechenden homogenen Härteverlauf mit einem Kleinflächeninduktor in schnellem Takt zu härteten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Steuereinrichtung eine Phasenpositioniereinrichtung für den Kleinflächeninduktor umfaßt, in der Wärmeabflußsteuerdaten der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche speicherbar sind und mit der die Steuerdaten der Steuereinrichtung phasenabhängig für jeden Umlauf derart vorbestimmbar sind, daß der Koppelabstand an hohen Wärmeabfluß aufweisenden Werkstückteilerflächen kleiner als an niedrigen Wärmeabfluß aufweisenden Werkstückteilerflächen einstellbar ist.

Durch die Verwendung einer Positioniereinrichtung für den Kleinflächeninduktor  $r$ , die seinen Abstand von der Werkstückoberfläche phasenabhängig vorherbestimmt, ist ein unterschiedlicher Wärmeabfluß in die

Werkstücktiefe korrigierbar. Denn durch die in der Phasenpositioniereinrichtung gespeicherten Wärmeabflußsteuerdaten der zu bearbeitenden Werkstückoberflächen sind die Steuerdaten der Steuereinrichtung phasenabhängig für jeden Umlauf des Kleinflächeninduktors bezüglich der Werkstückoberfläche derart vorherbestimmbar, daß der Koppelabstand an hohen Wärmeabfluß aufweisenden Werkstückteilerflächen kleiner als an niedrigen Wärmeabfluß aufweisenden Werkstückteilerflächen einstellbar ist. Dadurch wird ohne direkte Leistungsregelung des Anpaßtransformators die in das Werkstück einfließende und das Härteergebnis bestimmende Wärmemenge an Stellen hohen Wärmeabflusses, also insbesondere in an große Werkstückmassivolumina grenzenden Bereichen, erhöht und in Zonen geringen Wärmeabflusses in Außenbereichen des Werkstückes verringert.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Phasenpositioniereinrichtung gestattet eine Modulation der eine Kreisbahn des Kleinflächeninduktors vorherbestimmenden Steuerdaten der Steuereinrichtung für einen der Antriebe derart, daß die Bahnkurve des Kleinflächeninduktors die Gestalt einer Ellipse aufweist. Dann ist der Kleinflächeninduktor an den Orten des kleinsten bzw. größten Wärmeabflusses der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche im Aphel bzw. im Perihel seiner Bahnkurve vorbeiführbar.

Vorteilhafterweise werden die Steuerdaten der Steuereinrichtung für den anderen der beiden Antriebe ebenfalls moduliert, so daß die elliptische Bahnkurve des Kleinflächeninduktors in seiner Nebenachsenrichtung durch kleinere Bewegungsamplituden in dieser Richtung gestaucht wird. Dadurch wird die die Vorrichtung mechanisch belastende Beschleunigung an den Umkehrpunkten der elliptischen Bewegung des Kleinflächeninduktors vermindert.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die mit der Phasenpositioniereinrichtung einstellbare Exzentrizität der Kleinflächeninduktorbahnbewegung im Umlaufbetrieb für jeden Umlauf des Kleinflächeninduktors um die zu bearbeitende Werkstückoberfläche und/oder im Vorschubtaktbetrieb für jede zu bearbeitende Werkstückoberfläche, z. B. für jeden Kurbelzapfen einer Kurbelwelle, veränderbar, so daß thermisch bedingte geometrische Veränderungen des Werkstückes kompensierbar sind.

In einer anderen Weiterbildung ist ein vierter Antrieb vorgesehen, mit dem das zu bearbeitende Werkstück entlang der Umlaufachse in oszillierende Bewegung bezüglich des Kleinflächeninduktors bringbar ist. Damit sind auch die Zylindermäntel von nebeneinanderliegenden Zapfen und Hauptlagern von Kurbelwellen in ihrer ganzen Höhe auch dann härtbar, wenn diese eine unterschiedliche Höhe aufweisen. Damit ist eine ganze Kurbelwelle in ihrer Gesamtheit mit einem einzigen Induktor bei hoher Taktfolge härtbar.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Oberflächenhärtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 2 Seitenansichten des und Draufsichten auf das in der Vorrichtung zur Oberflächenhärtung zu bearbeitenden Werkstückes mit dem im Koppelabstand geführten Kopfstück des Kleinflächeninduktors und

Fig. 3 eine Draufsicht auf das in der Vorrichtung zur

Oberflächenhärtung zu bearbeitende Werkstück mit dem im Koppelabstand geführten Kopfstück des Kleinflächeninduktors mit Darstellungen der Bahnkurven des Induktors in kartesischen Koordinaten.

Die Fig. 1 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Oberflächenhärtung, die auf einem Grundrahmen 1 angeordnet ist. Auf dem Grundrahmen 1 ist eine vertikale Tragesäule 2 angeordnet, die ein Lager für eine Umlaufachse 3 aufweist. Auf der Umlaufachse 3 ist eine Werkstückaufnahme 4 drehbar gelagert, die mit einem ersten Antriebsmotor 6 verbunden ist.

Die Werkstückaufnahme 4 gestattet das Einspannen eines zu bearbeitenden Werkstückes 7, das mit Hilfe einer Niederhaltepinole 8 fixiert wird. Das Werkstück 7 wird mit dem ersten Antriebsmotor 6 um die Umlaufachse 3 gedreht. Bei den Werkstücken 7 handelt es sich z. B. wie in der Fig. 1 dargestellt, um eine Kurbelwelle, deren Zapfen 9 bzw. Hauptlager 9' gehärtet werden. Die Werkstückaufnahme 4 ist vorzugsweise so ausgestaltet, daß der Schwerpunkt des Werkstückes 7 bzw. eine Hauptachse der Welle auf der Umlaufachse 3 fluchtet. Insbesondere kann eine im Schwerpunkt des Werkstückes 7 selbstzentrierende Einrichtung vorgesehen sein.

An dem Grundrahmen 1 ist weiterhin ein parallel zur Umlaufachse 3 verschieblicher Ausleger 10 angeordnet. Auf dem Ausleger 10 ist ein Verschiebetisch 11 montiert, der über einen zweiten Antrieb 12 und einen dritten Antrieb 13 verfügt. Die Antriebe 12 und 13 gestatten einem auf dem Verschiebetisch 11 angeordneten Glühübertrager oder Anpaßtransformator 14 eine Bewegung in der normal zu der Umlaufachse 3 sich erstreckenden Ebene 15.

Ein Kleinflächeninduktor 17 ist in einer Werkzeugaufnahme 18 befestigt, die vorzugsweise direkt und starr mit dem Anpaßtransformator 14 verbunden ist. Der Kleinflächeninduktor 17 geht in seinem werkstücknahen Teil in ein Kopfstück 19 über, das in Fig. 1 nur schematisch und in Fig. 2 vergrößert dargestellt ist.

Die drei Antriebsmotoren 6, 12 und 13 sind mit einer Steuereinrichtung 20 verbunden, die vorzugsweise neben dem Speicher für die digitalen Steuerdaten zur Ansteuerung der gekoppelten Antriebsmotoren 6, 12 und 13 eine Magnetspeichereinrichtung zur schnellen Eingabe der in der Regel in einem externen Computer erstellten Datensätze für die Umlaufkurven für das zu härtende Werkstück aufweist.

Die Steuereinrichtung 20 steuert über eine Steuerleitung 21 den ersten Antrieb 6 der Umlaufachse 3 an und ist mit Eingängen einer ihr zugeordneten Phasenpositioniereinrichtung 22 verbunden. Diese moduliert in im Zusammenhang mit der Fig. 3 beschriebener Weise die Steuerdaten für die Antriebe 12 und 13 des Verschiebetisches 11 und steuert diese Antriebe 12 und 13 über Steuerleitungen 23 und 24 an.

Weiterhin ist ein über eine Steuerleitung 26 angesteuerter vierter Antrieb 25 vorgesehen, mit dem der Verschiebetisch 11 und damit der Kleinflächeninduktor 17 entlang der Umlaufachse 3 in eine oszillierende Bewegung versetzt werden kann, so daß eine gute Ankopplung des Induktors auch an in der Höhe ihres Zylindermantels größere Zapfen 9 und Lagerstellen 9' bzw. ebenfalls an die Seitenflanken 40 gewährleistet ist, wie es im Zusammenhang mit der Fig. 2 beschrieben wird.

Dieser Antrieb bewirkt auch das zu der Umlaufachse 3 parallele Verschieben des Verschiebetisches 11 zum sukzessiven Härten der verschiedenen Kurbelzapfen 9 und Hauptlager 9', die in einer von der geometrischen Aufeinanderfolge abweichenden Reihenfolge zur Mini-

mierung vom Verzugeffekten gehärtet werden.

Die Fig. 2 zeigt vergrößerte Seitenansichten und Draufsichten des zu bearbeitenden zylindrischen Werkstückes 7 und des Kleinflächeninduktors 17. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind als zu härtende Werkstückoberflächen 30 ein Zapfen 9 und ein Hauptlager 9' einer Kurbelwelle vorgegeben. Als Koppelabstand 31 bezeichnet man den Abstand von dem Kopfstück 19 zur zu härtenden Werkstückoberfläche 30.

Dabei sind am Kopfstück 19 des Kleinflächeninduktors 17 die Kühlleitungen 33, die Konzentratoren 34, die Spannungszuführungen 35 sowie die Spulen 36 des Induktors schematisch eingezeichnet. Wie in der Fig. 2 zu erkennen ist, erstreckt sich der Kleinflächeninduktor 17 in einem kleinen Segmentwinkel um den Zapfen 9 bzw. Hauptlager 9', der vorteilhafterweise weniger als 120 Grad beträgt. Um so kleiner dieser Winkel ausgebildet wird, um so größer kann der Unterschied der Durchmesser der Zapfen 9 bzw. Lager 9' sein, wie es in zeichnerisch übertriebener Weise in der Fig. 2 dargestellt ist.

Die verschiedenen Zapfen 9 bzw. Lager 9' sind mit dem gleichen Kleinflächeninduktor 17 härtbar. Die Steuereinrichtung 20 fährt den Kleinflächeninduktor 17 zum Härten des Zapfens 9 in eine erste Höhenposition 39 entlang der Umlaufachse 3. Nach der nach mehreren Umläufen durchgeführten induktiven Härtung mit folgender Abschreckung bei vorbestimmter ähnlich großer, z. B. halb so großer, Drehgeschwindigkeit ist der Kleinflächeninduktor 17 mit den nächsten Steuerdaten der Steuereinrichtung in eine zweite Höhenposition 39' zur induktiven Härtung eines Hauptlagers 9' verfahrbar. Der in dieser zweiten Position gestrichelt dargestellte Kleinflächeninduktor 17 wird nur aus zeichnerischen Gründen neben dem zeitlich davor gehärteten Zapfen 9 angeordnet. Üblicherweise werden entfernt voneinander liegende Zapfen 9 und Lager 9' nacheinander gehärtet, um auf der thermischen Ausdehnung des Materials beruhende Verformungseffekte zu minimieren.

Jedes Hauptlager 9' ist im Vergleich zu den Zapfen 9 dicker und in seiner Zylindermantelhöhe größer. Ein Kleinflächeninduktor 17 mit einem Bedeckungswinkel von kleiner 120 Grad gewährleistet im Umlaufbetrieb auf der von ihm bedeckten Fläche ein vergleichbar gutes Härteergebnis. Vorteilhafterweise ist der in der Fig. 1 dargestellte vierte Antrieb 25 vorgesehen, der den Kleinflächeninduktor 17 im Bezug zur Werkstückoberfläche 30 entlang der Umlaufachse 3 in oszillierende Bewegung versetzt, deren Frequenz vorzugsweise größer als die Umdrehungsfrequenz der Umlaufachse 3 ist. Dadurch ist auch das Lager 9' in seiner ganzen Höhe härtbar. Zusätzlich kann der Kleinflächeninduktor 17 noch an die Wangen 40 der Kurbelwelle 7 angekoppelt werden, so daß diese im selben Arbeitsgang härtbar sind. Dadurch ist es möglich, mit einem einzigen Kleinflächeninduktor 17 eine Vielzahl von ähnlich gestalteten Werkstücken mit einer großen Taktrate zu härteten, womit die Zahl der benötigten Härtewerkzeuge reduziert ist.

Im Ausführungsbeispiel umfaßt die Steuereinrichtung 20 eine NC-Steuerung, die aus der Fräsmaschinentechnik bekannt ist. Mittels eines Rechnerprogramms wird für die zu härtende Werkstückoberfläche 30 des Werkstückes 7 eine Folge von gegebenenfalls unterschiedlich langen Polygonzügen berechnet, die den Querschnitt der zu härtenden Werkstückoberfläche 30 annähern. Der Kleinflächeninduktor 17 wird im Härtungsbetrieb durch die Steuerung im berechneten Koppelabstand 31

an dem durch die Polygonzüge ersetzten Werkstück 7 vorbeigeführt. Die Schwankungen des Koppelabstandes 31, die sich durch das Ersetzen der wirklichen Hüllkurve durch die Näherung ergeben, haben bei entsprechender Wahl einen vernachlässigbaren Einfluß auf das Härteergebnis. Jeder Polygonzug entspricht jeweils einem NC-Satz. Damit sind Umdrehungsgeschwindigkeiten von z. B. ungefähr 120 bis 180 UpM erreichbar.

Die Fig. 3 zeigt einen Querschnitt einer Seitenansicht eines zu härtenden Zapfens 9 einer Kurbelwelle 7, eine Draufsicht auf einen zu härtenden Zapfen 9 einer Kurbelwelle 7 in verschiedenen Phasen seiner Drehung um die Umlaufachse 3 sowie die Bahnkurve eines Kleinflächeninduktors 17 in kartesischen Koordinaten.

Die Steuereinrichtung 20 verfügt über einen Datenspeicher, in dem Steuerdaten und die Formdaten des zu härtenden Werkstückes 7 niedergelegt sind. Mit diesen Daten werden die drei Antriebsmotoren 6, 12 und 13 gemeinsam derart angesteuert, daß der Koppelabstand 31 während des Erwärmungsvorgangs des Werkstückes 7 in seiner zeitlichen Abfolge im wesentlichen konstant gehalten wird. Bei der kreisförmigen Bewegung des Zapfens 9 um die Umlaufachse 3, der in sieben verschiedenen Stellungen dargestellt ist, ist dies durch den jeweils schematisch dargestellten, dünn gezeichneten Induktor 41 gewährleistet. Ein Symmetriepunkt 42 dieses Induktors 41 bewegt sich dabei auf einer Kreisbahn 43, die exzentrisch zu der Mittelpunktskreisbahn 44 des Zapfens 9 verläuft. Die abgerollte Bahnkurve dieses in konstantem Koppelabstand 31 geführten Induktors 41 ist in einer Y-Koordinaten-Bahnkurve 45 und einer X-Koordinaten-Bahnkurve 46 dargestellt, die zur Mittelachse symmetrische sinusförmige Kurven darstellen.

Der dargestellte zylindersymmetrische Zapfen 9 verfügt aber über einen unsymmetrischen Wärmeabfluß, der durch die schattierten Bereiche 47 für den Zapfen 9 und die schattierten Bereiche 48 für die Wangen 40 dargestellt ist, die die Bereiche größeren Wärmeabflusses andeuten. Dieser größere und geringere Wärmeabfluß vermindert bei gleichmäßiger Leistungszuführung zu dem Induktor 41 das gleichmäßige Härteergebnis.

Daher erfolgt die Steuerung durch die Phasenpositioniereinrichtung 22 derart, daß der Kleinflächeninduktor 17 entsprechend den Wärmeabflußsteuerdaten der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche 30 phasenabhängig für jeden Umlauf in moduliertem Koppelabstand 51, 52 bzw. 53 geführt wird. Dabei ist der Koppelabstand 52 an der einen hohen Wärmeabfluß 47 aufweisende Werkstückteilerfläche 30 kleiner als an der einen niedrigen Wärmeabfluß 49 aufweisende Werkstückteilerfläche 30 einstellbar. An dem Punkt 54 größter X-Auslenkung 46 des Zapfens 9 entspricht der Koppelabstand 53 dem Koppelabstand bei kreisförmiger Führung des Induktors 41. Während eines vollen Umlaufs des Kurbelzapfens 9 unter dem Kleinflächeninduktors 17 wird also durch phasenabhängige Ankopplungsstärke des Induktors die zur Härtung notwendige Wärmeaufnahme pro Flächenstück gesteuert. Dadurch können Werkstückstellen hohen Wärmeabflusses definiert intensiver geheizt werden als solche geringerer Werkstoffkonzentration.

Durch die Veränderung des Koppelabstandes zwischen den Werten 51 und 53 ergibt sich bei dem zylindersymmetrischen und kreisförmig geführten Zapfen 9 eine Ellipse, die in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Vorrichtung eine Bahnbewegung des Induktors 17 in Gestalt einer gestreckten Ellipse zur Folge hat, was in der Y-Koordinate durch die Bahnkurve 55

dargestellt ist, deren Kreuzungspunkt 57 mit der Bahnkurve 45 nicht auf der Achse liegt. Der sich dabei ergebende Abstand 58 ist ein Maß für die Exzentrizität der durch die Phasenpositioniereinrichtung 22 aus der Bahnkurve 45 modulierten Bahnkurve 55.

Die dadurch zwangsläufig auf einen der Antriebe 12 oder 13 wirkenden größeren Beschleunigungskräfte können dadurch kompensiert werden, daß ein gleicher Bedeckungswinkel oder eine gleiche Phasenwinkelgeschwindigkeit dadurch erreicht wird, daß die Phasenpositioniereinrichtung 22 auch den anderen Antrieb 13 oder 12 bezüglich seiner Steuerdaten von der Steuereinrichtung 20 moduliert. Insbesondere wird die Bahnkurve der Ellipse gestaucht, was sich in einer kleineren X-Auslenkung des Induktors 17 ausdrückt. Dies führt zu der Bahnkurve 56 des Induktors 17, die eine kleinere Amplitude der Bewegung als die der Kreisbahnkurve 45 aufweist und deren Kreuzungspunkt 59 mit dieser Kurve auf der Achse liegt. Hierdurch werden kleinere Wege in gleicher Zeit benötigt und das dynamische System entlastet. Durch die längere Verweilzeit des Kleinflächeninduktors 17 über Zonen höheren Wärmeabflusses verstärkt sich die wärmetechnische Modulation weiter.

Weiterhin können Steuerdaten in der Phasenpositioniereinrichtung 22 vorgesehen sein, mit denen bei jeder der Umdrehungen der Kurbelwelle 7 die Exzentrizität der Bahnkurve 46 veränderbar ist. Diese Veränderung kann insbesondere durch Inkrementierung des Exzentrizitätswertes vorgenommen werden.

Nach der induktiven Härtung eines Zapfens 9 oder eines Hauptlagers 9' wird die Kurbelwelle entlang der Achse 3 verschoben, so daß mit dem Kleinflächeninduktor 17 entsprechend der in der Fig. 2 gestrichelten Stellung ein anderer Zapfen 9 oder ein anderes Hauptlager 9' gehärtet wird. Durch thermische Ausdehnung bei der sukzessiven Härtung der verschiedenen Zapfen 9 und Hauptlager 9' verändern sich die theoretischen Bahnkurven 45. In einer weiteren Ausgestaltung der Vorrichtung wird daher eine weitere additive positive oder negative Inkrementierung der Exzentrizität bei jedem der zu härtenden Zapfen 9 bzw. Hauptlager 9' hinzugefügt, so daß alle Zapfen einer Kurbelwelle mit einem Induktor in einem einzigen Arbeitsgang in schneller Abfolge gehärtet werden kann.

Eine regeltechnisch besonders schnelle Antriebssteuerung wird erreicht, wenn die in der Steuereinrichtung 20 gespeicherten Steuerdaten der steuertechnisch gekoppelten Antriebsmotoren 6, 12 und 13 die glatte Hüllkurve des Werkstückes 7 durch eine Folge von gegebenenfalls unterschiedlich langen Polygonzügen annähern. Diese werden z. B. derart berechnet, daß der Koppelabstand 31 des Kleinflächeninduktors 17 um nicht mehr als zehn Prozent schwankt. Damit ist eine homogene Härtung bei großem Durchsatz durch kurze Rechenakte möglich.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Oberflächenhärtung von Werkstücken mit glatten Hüllkurven (30) durch elektrische Induktion mit einem Kleinflächeninduktor (17), mit einer Werkstückaufnahme (18), die das Werkstück (7, 9, 9') fixiert und die durch einen ersten Antrieb (6) um eine Umlaufachse (3) drehbar ist, mit einem Verschiebetisch (11), an dem der Kleinflächeninduktor (17) in einer Werkzeugaufnahme (18) befestigbar ist, der durch einen zweiten (12) und einen dritten (13) Antrieb des Verschiebe-

tisches (11) in der rechtwinklig auf der Umlaufachse (3) stehenden Ebene (15) verschieblich ist, und mit einer mit den Steuereingängen der Antriebe (6, 12, 13) verbundenen Steuereinrichtung (20), in der die Antriebssteuerdaten der steuertechnisch gekoppelten Antriebe (6, 12, 13) für die zu härtende Werkstückoberfläche (30) des Werkstückes (7, 9, 9') speicherbar sind und mit der der Kleinflächeninduktor (17) im Koppelabstand (31) zur Oberfläche (30) des zu härtenden Werkstückes (7, 9, 9') bringbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (20) eine Phasenpositioniereinrichtung (22) für den Kleinflächeninduktor (17) umfaßt, in der Wärmeabflußsteuerdaten der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche (30) speicherbar sind und mit der die Steuerdaten der Steuereinrichtung (20) phasenabhängig für jeden Umlauf derart vorbestimmbar sind, daß der Koppelabstand (31, 51, 52, 53) an hohen Wärmeabfluß aufweisenden Werkstückteilerflächen (47) kleiner als an niedrigen Wärmeabfluß (49) aufweisenden Werkstückteilerflächen (30) einstellbar ist.

2. Vorrichtung zum Härten von sich exzentrisch um die Umlaufachse (3) drehenden zylindrischen Werkstücken (9, 9') nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Phasenpositioniereinrichtung (22) die eine Kreisbahn (43, 45, 46) des Kleinflächeninduktors (17) vorherbestimmenden Steuerdaten der Steuereinrichtung (20) für einen der Antriebe (12 oder 13) derart modulierbar sind, daß die Bahnkurve des Kleinflächeninduktors (17) die Gestalt einer Ellipse (55) aufweist, wobei der Kleinflächeninduktor (17) im Aphel (51) und Perihel (52) der Bahnkurve (55) an den Orten des kleinsten (49) bzw. größten (47) Wärmeabflusses der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche (30) vorbeiführbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Phasenpositioniereinrichtung (22) die Steuerdaten der Steuereinrichtung (20) für den anderen der beiden Antriebe (13 oder 12) derart modulierbar sind, daß die elliptische Bahnkurve (55, 56) des Kleinflächeninduktors (17) in seiner Nebenachsenrichtung durch kleinere Bewegungsamplituden (56 minus 55) in dieser Richtung stauchbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der Phasenpositioniereinrichtung (22) einstellbare Exzentrizität (58) der Kleinflächeninduktorbahnbewegung im Umlaufbetrieb für jeden Umlauf (bei 9 bzw. 9') des Kleinflächeninduktors (17) um die zu bearbeitende Werkstückoberfläche (30) veränderbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der Phasenpositioniereinrichtung (22) einstellbare Exzentrizität (58) der Kleinflächeninduktorbahnbewegung im Vorschubtaktbetrieb (9 und 9') für jede zu bearbeitende Werkstückoberfläche (30) veränderbar ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein vierter Antrieb (25) vorgesehen ist, mit dem das zu bearbeitende Werkstück (7) entlang der Umlaufachse (3) in oszillierende Bewegung bezüglich des Kleinflächeninduktors (17) bringbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß ein vierter Antrieb (25) vorgesehen ist, mit dem der Kleinflächeninduktor (17) entlang der Umlaufachse (3) in oszillierende Bewegung bezüglich der Werkstückoberfläche (30) bringbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Steuereinrichtung (20) gespeicherten Steuerdaten der steuertechnisch gekoppelten Antriebsmotoren (6, 12, 13) die Hüllkurve der sich um die Umlaufachse (3) drehenden Werkstücke (7, 9, 9') durch eine Folge von unterschiedlich langen Polygonzügen annähern.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

